

REMARKS

Applicant submits the following discussion of the Examiner's citation of United States patent Serial No. 7,190,463 of Spahlinger entitled "Method For Preventing Bias-Errors as a Result of Synchronous Interference in Fiber-Optic Gyroscopes" in the pending office action. As no amendments to the claims or arguments against the merits of the cited reference are included, this request is proper for entry in response to the pending final office action.

In the first office action issued in this application, the Examiner rejected Claims 1 through 3 as allegedly anticipated by the United States patent of Chang. In response, the Applicants amended apparatus Claim 2 and submitted supporting arguments. The Examiner has acknowledged agreement with the Applicants' position as stated in this response by withdrawing the prior rejection. (Paragraph 6 of the current office action.)

While withdrawing the prior rejections, the Examiner has raised new grounds for rejection in the current office action based primarily on the Spahlinger reference. Method Claim 1 is rejected as allegedly obvious in light of Spahlinger while apparatus Claims 2 and 3 are rejected as allegedly rendered obvious by Spahlinger in view of the United States patent of

Spahlinger issued as a United States patent on March 13, 2007. The United States patent was prosecuted as the U.S. National Phase of International patent application PCT/EP02/06860 which was filed in the European Patent Office as Receiving Office on June 20, 2002. That International application was published as WO 03/001153 on January 3, 2003. A copy of the International publication, which is in the German language, is enclosed.

The pending application was filed on March 29, 2005 as the United States National Phase of International patent application PCT/EP03/010328 filed in the European Patent Office as receiving office on September 17, 2003 and claiming Convention priority from German patent application 102 45 540.6 filed September 30, 2002.

The Spahlinger patent upon which the Examiner relies for the new rejections of the present office action has been improperly cited and relied upon as is does not constitute prior art relative to the invention of the current application. While the Convention priority date of the pending application (September 30, 2002) is subsequent to the International filing date of Spahlinger (June 20, 2002), Spahlinger cannot rely upon

As Spahlinger only issued as a United States during the pendency of the present application, it can only be categorized if falling within the bounds of 35 U.S.C. 102(e). This states,

"A person shall be entitled to a patent unless the invention was described in (1) an application for patent, published under section 122(b), by another filed in the United States before the invention by the applicant for patent, except that an international application filed under the treaty defined in section 351(a) shall have the effect under this subsection of a national published under section 122(b) only if the international application designating the United States was published under Article 21(2)(a) of such treaty in the English language; or (2) a patent granted on an application for patent by another filed in the United States before the invention by the applicant for patent, except that a patent shall not be deemed filed in the United States for the purposes of this subsection based on the filing of an international application filed under the treaty defined in Section 351(a)."

The Applicants of the pending application are entitled to rely upon at least the Convention priority date of September 30, 2002 as date of invention. Since this precedes the U.S. filing date of Spahlinger (June 25, 2004) and the International filing date of Spahlinger does not apply, the Spahlinger patent is clearly not prior art relative to the pending application under 35 U.S.C. 102(e) (2).

With regard to the applicability of 35 U.S.C. 102(e)(1), Spahlinger again fails to qualify as prior art relative to the pending application. While the international filing date of Spahlinger (June 20, 2002) precedes the Convention priority date of the pending application (September 30, 2002), reliance cannot be made upon Spahlinger's international filing date for prior art purposes as WO 001153, as can be seen by reference to the enclosed, is in German, and not in the English language. Accordingly, Spahlinger, which was pending at the time of filing of the pending application, can be accorded a date of relevance with respect to 35 U.S.C. 102(1) only as early as the date the U.S. filing was made (June 25, 2004).

For the foregoing reasons, Applicants request withdrawal of the Spahlinger patent and the pending claim rejections. As Spahlinger does not constitute prior art relative to the pending application and the Examiner found the Applicants' arguments persuasive with respect the prior office action, all presently-pending claims of the application define patentable inventions. Prompt restatement of the allowability of all pending claims in view of the prior art and issuance of all such claims are therefore earnestly solicited.

Respectfully submitted,

Elliott N. Kramsky
Registration 27,812
Attorney for Applicants

(12) NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES
PATENTWESENS (PCT) VERÖFFENTLICHTE INTERNATIONALE ANMELDUNG

(19) Weltorganisation für geistiges Eigentum
Internationales Büro



(43) Internationales Veröffentlichungsdatum
3. Januar 2003 (03.01.2003)

PCT

(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 03/001153 A1

(51) Internationale Patentklassifikation⁷: **G01C 19/72**

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP02/06860

(71) Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten mit Ausnahme von US): **LITEF GMBH** [DE/DE]; Lörracher Strasse 18, 79115 Freiburg (DE).

(22) Internationales Anmeldedatum: 20. Juni 2002 (20.06.2002)

(72) Erfinder; und

(75) Erfinder/Anmelder (nur für US): **SPAHLINGER, Günther** [DE/DE]; Hagbergstrasse 7, 70188 Stuttgart (DE).

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(74) Anwalt: **MÜLLER, Frithjof, E.**; Müller . Hoffmann & Partner, Innere Wiener Strasse 17, 81667 München (DE).

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(81) Bestimmungsstaat (national): US.

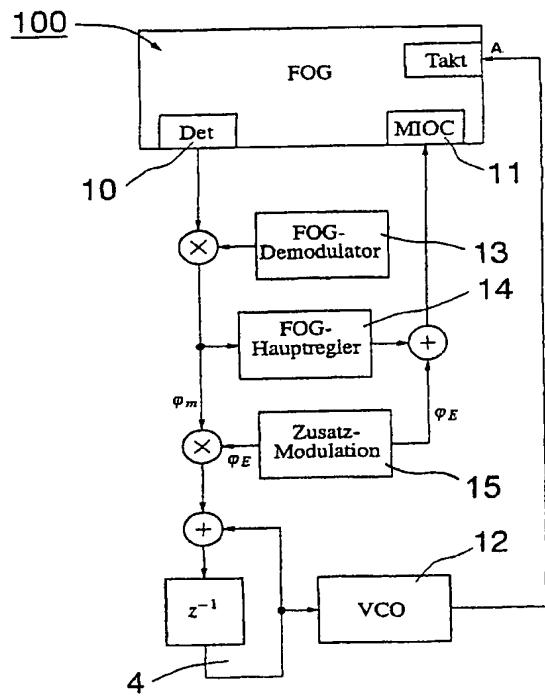
(30) Angaben zur Priorität: 101 30 159.6 22. Juni 2001 (22.06.2001) DE

(84) Bestimmungsstaaten (regional): europäisches Patent (AT, BE, CH, CY, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE, TR).

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

(54) Title: METHOD FOR PREVENTING BIAS-ERRORS AS A RESULT OF SYNCHRONOUS INTERFERENCE IN FIBRE-OPTIC GYROSCOPES

(54) Bezeichnung: VERFAHREN ZUR VERMEIDUNG VON BIAS-FEHLERN AUFGRUND SYNCHRONER EINSTREUUNG BEI FASEROPTISCHEN GYROSKOPEN



A...CYCLE
13...FOG DEMODULATOR
14...FOG PRINCIPAL CONTROLLER
15...SECONDARY MODULATION

(57) Abstract: The invention relates to a method for preventing bias errors as a result of synchronous interference in fibre-optic gyroscopes (FOGs). According to said method, an additional signal ψ_E occurring periodically in the sampling cycle and e.g. corresponding to a synchronous parasitic signal interference is added in the form of a secondary modulation of the modulation signal for a phase modulator in an MIOC. The demodulated detector signal of the FOG is then preferably correlated with the secondary modulation, i.e. multiplied by the secondary modulation and totalled. The totalled signal that is dependent on the error adjustment controls a VCO (12), which trims the operating frequency of the FOGs until the correlation is zero. The method can be used for both phase ramp modulation and for FOGs, which operate according to a random phase modulation method.

(57) Zusammenfassung: Das erfindungsgemäße Verfahren zur Vermeidung von Bias-Fehlern aufgrund synchroner Einstreuung bei faser-optischen Gyroskopen (FOGs) sieht vor, ein im Abtastakt periodisches Zusatzsignal ψ_E , das z.B. einer synchronen Störsignaleinstreuung entspricht, in Form einer Zusatzmodulation zum Modulationssignal für einen Phasenmodulator innerhalb eines MIOCs zu addieren. Vorrangig wird das demodulierte Detektorsignal des FOGs dann mit der Zusatzmodulation korreliert, d.h. mit der Zusatzmodulation multipliziert und aufsummiert. Das aufsummierte, von der Fehlerabstimmung abhängige Signal steuert einen VCO (12), der die Arbeitsfrequenz des FOGs solange nachstimmt, bis die Korrelation zu Null wird. Das Verfahren lässt sich sowohl auf Phasenrampen-Modulation als auch auf FOGs anwenden, die nach einem Random-Phasenmodulationsverfahren arbeiten.

WO 03/001153 A1



Veröffentlicht:

— mit internationalem Recherchenbericht

Zur Erklärung der Zweibuchstaben-Codes und der anderen Abkürzungen wird auf die Erklärungen ("Guidance Notes on Codes and Abbreviations") am Anfang jeder regulären Ausgabe der PCT-Gazette verwiesen.

- 1 -

1

Verfahren zur Vermeidung von Bias-Fehlern aufgrund synchroner Einstreuung bei faseroptischen Gyroskopen

5 Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Vermeidung von Bias-Fehlern aufgrund synchroner Einstreuung bei faseroptischen Gyroskopen (FOGs), im Folgenden und in Anlehnung an die früheren mechanischen Kreisel auch als faseroptische Kreisel bezeichnet.

10 Faseroptische Kreisel sind gegenüber elektrischen Einkopplungen in den optischen Phasenmodulator empfindlich, sofern der Kreisel nicht exakt mit einer Arbeitsfrequenz betrieben wird, die dem Reziprokwert der Laufzeit des Lichts durch die Faserspule (Messspule) entspricht, wobei die Einkopplung eine periodische Funktion ist, deren Periode gleich dem Reziprokwert der Arbeitsfrequenz ist. Solche Störsignale - auch als synchrone Einstreuungen 15 bezeichnet - treten aufgrund der Beschaffenheit der elektronischen Regel- und Modulationseinrichtungen im elektronischen Teil des Messsystems in der Regel in großer Zahl auf. Eine systemtheoretische Analyse dieses Effekts ist weiter unten ausführlich beschrieben. Eine Abhilfemaßnahme gegen die hierbei auftretenden Bias- oder Nullpunktfehler besteht darin, die Arbeitsfrequenz auf den genannten Idealwert, d. h. den Reziprokwert der Licht- 20 durchlaufzeit durch die Faserspule, abzustimmen. Da diese Idealfrequenz kein konstanter Wert ist, sondern z. B. von der Temperatur abhängt, sollte die Arbeitsfrequenz durch einen Regler ständig dem Idealwert nachgeführt werden.

25

Die oben angeführten Zusammenhänge sind seit längerem bekannt, und z. B. in US 4 759 629 beschrieben. Dort ist auch eine Abhilfemaßnahme durch eine VCO-Regelung angegeben. Diese bekannte Maßnahme hat jedoch zwei deutliche Nachteile:

30

1. Das bekannte Frequenz-Nachführverfahren lässt sich nicht auf Gyroskope anwenden, die nach einem stochastischen oder Random-Phase-Modulationsverfahren arbeiten, wie es z. B. in EP 0 441 998 B1 bzw. in EP 0 551 537 B1 beschrieben ist.

35

2. Damit die Frequenzregelung im gewünschten Sinn arbeiten kann, muss dem Regler eine Information über die momentane Abweichung der Ar-

- 2 -

1 beitsfrequenz vom Idealwert zur Verfügung gestellt werden. Nach der Leh-
re des genannten US-Patents wird der Betrag dieser Abweichung durch
die Fläche von Impulsen repräsentiert. Das Vorzeichen der Abweichung
wird dabei durch die zeitliche Lage eines jeweiligen Impulses gegenüber
5 einem Referenzzeitpunkt bestimmt, wobei im Falle eines positiven Vorzei-
chens das Ende des Impulses mit dem Referenzzeitpunkt übereinstimmt
und bei negativem Vorzeichen mit seinem Anfang. Bei sehr geringen Fre-
quenzabweichungen (im ppm-Bereich) sind diese Impulse nur wenige ps
10 (pico-Sekunden) lang. Da sich nun das Vorzeichen durch die Ausrichtung
dieser schmalen Impulse am Referenzzeitpunkt ergibt, müsste eine Detek-
torschaltung die zeitliche Impulslage auf wenige ps genau ermitteln kön-
nen. Das jedoch ist technisch nicht möglich, so dass das angegebene Ver-
fahren im Bereich geringer Frequenzabweichungen, in dem das System ja
15 vorzugsweise arbeiten sollte, ein falsches Vorzeichen liefern kann und da-
her im Bereich des Nullpunkts nur mit relativ großen Fehlern arbeitet.
Wichtiger noch ist, dass dabei zur Frequenzregelung kein linear arbeiten-
des Korrelationsverfahren angewendet werden kann, mit dem sich das zur
Regelung verwendete Signal auch aus einem verrauschten Signal des Fo-
todorektors herausfiltern ließe.

20 25 Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, ein besseres Verfahren und eine
dafür geeignete Schaltungsanordnung zur Vermeidung von Bias-Fehlern bei
faseroptischen Gyroskopen anzugeben, die ihre Ursache in den genannten
synchrone Störsignaleinstreuungen haben.

25 Das erfindungsgemäße Verfahren zur Vermeidung von Bias-Fehlern auf-
grund synchroner Einstreuung bei faseroptischen Gyroskopen (FOGs) mit
geschlossener Regelschleife ist erfindungsgemäß dadurch gekennzeichnet,
dass dem demodulierten Ausgangssignal des FOG-Detektors eine zum Rezi-
30 prokwert der Arbeitsfrequenz des Gyroskops periodische Zusatzmodulation
aufgeprägt wird, im demodulierten Detektorsignal die vorhandenen Reste der
Zusatzmodulation detektiert und mit dem detektierten Signal der restlichen
Zusatzmodulation ein Hilfsregelkreis angesteuert wird, der die Arbeitsfre-
quenz so nachregelt, dass die Zusatzmodulation innerhalb technisch vorgeb-
35 barer oder vorgegebener Grenzen zu Null wird. Vorzugsweise wird das demo-
dulierte Detektorsignal mit dem Signal der Zusatzmodulation korreliert und
mit dem korrelierten Signal wird der Hilfsregelkreis angesteuert, um die Ar-

- 3 -

1 beitsfrequenz so nachzuregeln, dass die Korrelation innerhalb technisch möglicher Grenzen zu Null wird.

5 Prinzipiell kommen im Rahmen des Erfindungsgedankens alle Detektions-Verfahren in Frage, die sich zum Nachweis von "Resten" der Zusatzmodulation eignen, so z. B. das Suchen bestimmter Merkmale der Zusatzmodulation, wie das Aufsuchen einer "Sprungstelle" mit Abtasten davor und danach und Bilden der Differenz beider Abtastwerte.

10 Das Verfahren nach der Erfindung unterscheidet sich damit grundsätzlich von dem aus DE 197 48 909 C1 bekannten Dekorrelationsverfahren, durch das Einstreuungen in den Detektorpfad des FOGs minimiert werden.

15 Die Erfindung und die zu deren Verständnis hilfreiche systemtheoretische Analyse wird nachfolgend anhand eines Ausführungsbeispiels unter Bezug auf die Zeichnungen näher erläutert. Es zeigen:

20 **Fig. 1** ein schematisiertes Blockschaltbild der Architektur eines FOGs mit Detaildarstellung der erfindungsgemäßen Arbeitsfrequenzregelung;

25 **Fig. 2** ein prinzipielles Schaltungsmodell zur Erläuterung, was unter "synchrone Einstreuung" zu verstehen ist;

30 **Fig. 3** eine erste Modifikation der Modelldarstellung der Fig. 2 für die synchrone Einstreuung;

35 **Fig. 4** eine zweite Modifikation des Modells für eine synchrone Einstreuung;

Fig. 5 eine dritte Modifikation des Modells für eine synchrone Einstreuung;

Fig. 6 eine aus der dritten Modifikation entwickelte vierte Modifikation eines Modells für eine synchrone Einstreuung;

Fig. 7 ein zeitkontinuierliches Modell der Zustandsvariabendarstel-

- 4 -

- 5 -

1 streuungen gegeben. Anschließend wird die Demodulierung eines Austaster-
 Filters erläutert in Verbindung mit der Grundidee der Erfindung, ein im Ab-
 tasttakt periodisches Signal φ_E in Form einer Zusatzmodulation zum Modu-
 lationssignal am Phasenmodulator, vorzugsweise innerhalb eines multifunk-
 5 tionellen integrierten optischen Chips (MIOC), zu addieren.

**1. Die Analyse der Phasenmodulation bei einem faseroptischen Gyro-
 skop**

10 Zunächst wird eine Analyse des "physikalischen Kreiselpfads" im nicht abge-
 stimmten Betrieb bei synchroner Einstreuung vorgenommen. Es bedeuten:

	φ_m	Ungestörtes MIOC-Ansteuersignal
	φ_E :	Einstreuung in MIOC
15	φ_S :	Sagnac-Phase
	T_0 :	Laufzeit des Lichts
	T:	Taktzeit der MIOC-Modulation, Periode der Einstreuung
	$\Delta T = T_0 - T$:	Taktzeitabweichung
	φ :	Interferometrische Gesamtphase
20	α :	Ungestörte interferometrische Phase
	β :	Störung, interferometrisch.

Die Funktion des Kreisels im nicht abgestimmten Betrieb bei Vorhandensein
 einer synchronen Einstreuung ergibt sich aus Fig. 2, wobei die Messspule
 25 des Interferometers schematisch dargestellt und mit Bezugshinweis 1 ge-
 kennzeichnet ist. Zum ungestörten Ansteuersignal am symbolisch durch ei-
 nen Kreis 2 angedeuteten Phasenmodulator, dem MIOC-Ansteuersignal φ_m
 wird eine Störung φ_E addiert; die Summe beider Signale ist das effektive Mo-
 dulationssignal am MIOC. Interferometrisch wirksam wird dieses Signal, in-
 30 dem die Differenz aus unverzögertem und um die Zeit T_0 , d. h. der Laufzeit
 des Lichts durch die Messspule des Interferometers, verzögertem Signal ge-
 bildet wird. Wird hierzu noch die Sagnac-Phase φ_S addiert, so entsteht die
 35 interferometrische Gesamtphase φ . Der nachgeschaltete Block 3 mit der
 Transferfunktion $\cos\varphi$ repräsentiert die Funktion des Interferometers, wobei
 das Ausgangssignal die normierte, von Gleichspannungskomponenten be-
 freite Lichtleistung am (in Fig. 2 nicht dargestellten) Fotodetektor 10 (Fig. 1)
 (bzw. dessen Ausgangssignal) ist. Anschließend folgt ein Block 4, der die

- 6 -

1 Funktion eines Filters und Austasters erfüllt - ein kontinuierliches lineares
 System mit zeitabhängigen Parametern - was weiter unten näher erläutert
 wird. Das ungestörte MIOC-Signal $\phi_m(t)$ ist (näherungsweise) eine Treppen-
 funktion mit einer Stufenbreite von T , der Taktzeit der Modulation am MIOC.
 5 Für die Zeitdauer einer Stufe ist das MIOC-Signal konstant und kann daher
 für jede Stufe durch einen diskreten Wert beschrieben werden. Die Abfolge
 dieser diskreten Werte entspricht einem diskreten Signal mit der Abtastfre-
 quenz $f_A = 1/T$. Das Störsignal oder die Einstreuung ϕ_E ist, wie erwähnt,
 eine in T periodische Funktion; dasselbe gilt für die Parameter des Austa-
 10 ster-Filters. Wegen der Periodizität von ϕ_E :

$$\phi_E(t + T) = \phi_E(t) \quad (1)$$

gilt

15

$$\phi_E(t + T_0) = \phi_E(t - \Delta T) \quad (2)$$

Fächert man nun die Einkoppelpfade in den Summationsknoten des Inter-
 ferometers in Fig. 2 in einen ungestörten Teil einschließlich Sagnac-Phase
 20 und einen Teil für die Störung $\phi_E(t)$ unter Ausnutzung der Linearität auf
 und berücksichtigt für jenen zweiten Teil die Beziehung der Gleichung (2),
 so lässt sich das prinzipielle Modell nach Fig. 2 durch das modifizierte
 Blockdiagramm gemäß Fig. 3 wiedergegeben. Hieraus wird insbesondere
 25 ersichtlich, dass für $\Delta T = 0$, also im abgestimmten Fall, die Störung $\phi_E(t)$
 völlig ohne Wirkung bleibt.

Als nächstes wird nun angenommen, dass die Störung klein sei:

$$\phi_E(t) \ll 1 \quad (3)$$

30

Damit ist auch

$$\beta(t) = \phi_E(t) - \phi_E(t - \Delta T) \ll 1 \quad (4)$$

35 Am Eingang des Blocks 3 mit der Interferometertransferfunktion $\cos\phi$ liegt
 die Summe von zwei Winkeln, nämlich $\phi = \alpha + \beta$, an. Wegen

- 7 -

1 $\cos(\alpha+\beta) = \cos\alpha\cos\beta - \sin\alpha\sin\beta$ (5)

ist mit $\beta \ll 1$:

5 $\cos\varphi(t) \approx \cos\alpha(t) + \beta(t) \cdot \sin\alpha(t)$ (6)

Hieraus folgt eine zweite Modifikation des prinzipiellen Modells aus Fig. 2 gemäß dem Blockdiagramm nach Fig. 4, wobei die Transferfunktion ($-\sin\alpha$) durch den Block 5 veranschaulicht ist.

10

Eine weitere zulässige Vereinfachung entsteht dadurch, dass wegen

$$\frac{d}{dt} \varphi_E(t) = \lim_{\Delta T \rightarrow 0} \frac{\varphi_E(t) - \varphi_E(t - \Delta T)}{\Delta T} \quad (7)$$

15

für sehr kleine Taktabweichung ($\Delta T \rightarrow 0$) gilt:

$$\varphi_E(t) - \varphi_E(t - \Delta T) = \Delta T \frac{d}{dt} \varphi_E(t) \quad (8)$$

20

Damit ergibt sich gemäß Fig. 5 die Möglichkeit die Differenzbildung bezogen auf die Störung φ_E in der durch Bezugshinweis 1' gekennzeichneten Messspule durch ein Differenzierglied zu ersetzen, wie es sich aus Fig. 5 ersehen lässt. T_N ist hierbei eine frei wählbare Normierungskonstante. Wie aus dem Bild der Fig. 5 hervorgeht, wird von der Störung φ_E noch eine vorgebbare Konstante φ_0 subtrahiert, die jedoch ohne Bedeutung bleibt, da $\Delta T/T_N$ ebenfalls konstant ist. Somit ergibt sich

30 $\frac{d}{dt} \Delta T \varphi_0 = 0 \quad (9)$

Als Vorbereitung zu einer weiteren Umformung des Blockdiagramms nach Fig. 5 dient die folgende Überlegung:

35 Im normalen Betrieb des FOGs ist die Sagnac-Phase φ_S näherungsweise konstant. Das Rückstellsignal $\varphi_m(t)$ am Phasenmodulator innerhalb des MIOCs ist (näherungsweise) eine Treppenfunktion, die bis auf schmale, periodisch wiederkehrende Zeitbereiche, in denen der Übergang zur nächsten

- 8 -

1 Treppenfunktion stattfindet, konstant ist. Die schmalen Bereiche, in denen das Signal nicht konstant ist (Schaltzeitpunkte) bilden eine Menge \mathbb{Q} von Zeitpunkten. Damit ist neben $\varphi_m(t)$ auch $\alpha(t)$ und $-\sin\alpha(t)$ außerhalb der durch \mathbb{Q} definierten Zeitpunkte konstant:

5

$$\frac{d}{dt} (-\sin\alpha(t)) = 0 \text{ für } t \notin \mathbb{Q} \quad (10)$$

10 Andererseits kann man die Störung φ_E während der Schaltintervalle $t \in \mathbb{Q}$ als praktisch konstant ansehen. Da die Störung periodisch in T ist, nimmt sie diesen konstanten Wert bei jedem Schaltvorgang an. Setzt man nun die bisher willkürlich zu wählende Größe 0 auf eben diesen Wert, so ergibt sich

$$\varphi_E(t) - \varphi_0 = 0 \text{ für } t \in \mathbb{Q} \quad (11)$$

15

Mit den Gleichungen 10 und 11 ist dann

$$(\varphi_E(t) - \varphi_0) \cdot \frac{d}{dt} (-\sin\alpha(t)) = 0 \text{ für alle } t \quad (12)$$

20

Aus der Gültigkeit von Gleichung 12 folgt nun

$$-\sin\alpha(t) \cdot \frac{d}{dt} (\varphi_E(t) - \varphi_0) \Delta T = \frac{d}{dt} (-\sin\alpha(t) \cdot (\varphi_E(t) - \varphi_0) \Delta T) \quad (13)$$

25

Diese Gleichung sagt aus, dass es bei der vorgeschlagenen Wahl von φ_0 erlaubt ist, die Differentiation des Störsignals $\varphi_E(t)$ zu verlegen auf eine Stelle nach der Multiplikation mit $-\sin\alpha$. Das Resultat dieser erneuten Modifikation ist in Fig. 6 gezeigt. Hierbei ist das in Fig. 5 mit Bezugshinweis 6 angegebene Differenzierglied dem ausgangsseitigen Austaster-Filter 4 zugeschlagen, der dadurch einen weiteren Eingang erhält.

Wie im Folgenden gezeigt werden wird, ist es möglich, bei der Synthese eines zeitvariablen, zeitdiskreten Tiefpasses, der das angegebene System eines kontinuierlichen Austaster-Filters simuliert, diesen differenzierenden Eingang automatisch zu erhalten.

1 **2. Die Modellierung des Austaster-Filters**

Um zu einem brauchbaren Modell für das Austaster-Filter zu gelangen, wird zunächst mit dem Modell eines allgemeinen, linearen, zeitkontinuierlichen 5 und zeitvariablen Systems begonnen. Die Zustandsvariabendarstellung eines derartigen Systems ist in Fig. 7 gezeigt.

Zum besseren Verständnis müssen zunächst einige Konventionen zur Bezeichnungsweise erläutert werden:

10 In Fig. 7 sind kontinuierliche skalare Signale mit Wittenberger Fraktur MT-Kleinbuchstaben bezeichnet, die mit einer Tilde versehen sind; sie sind Funktionen der Zeit, z. B. $\tilde{x}(t)$. Analog hierzu sind zeitabhängige skalare Verstärkungsfaktoren mit Wittenberger Fraktur MT-Großbuchstaben bezeichnet, wie z. B. $\tilde{U}(t)$. Diese Funktionen dürfen nicht mit Übertragungsfunktionen verwechselt werden. Im diskreten Fall werden Signale durch Folgen bezeichnet. Das sind Funktionen mit einem ganzzahligen Argument, ausgedrückt durch Wittenberger Fraktur MT-Kleinbuchstaben ohne Tilde, z. B.: $x(n)$. Entsprechend werden Verstärkungsfaktoren in diskreten Systemen 20 durch Wittenberger Fraktur MT-Großbuchstaben ohne Tilde bezeichnet, wie z. B.: $A(n)$. In der im Folgenden eingeführten Zustandsvariabendarstellung treten Signalvektoren auf; diese werden durch Fraktur-Kleinbuchstaben bezeichnet, und zwar im kontinuierlichen Fall mit Tilde, z. B.: $\tilde{x}(t)$ und in dem diskreten Fall ohne Tilde, z. B.: $x(n)$. An die Stelle der Skalarenverstärkungsfaktoren treten in diesem Fall im Allgemeinen zeitabhängige Matrizen, welche durch Fraktur-Großbuchstaben bezeichnet sind. Eine kontinuierliche Koeffizientenmatrix besitzt eine Tilde, z. B.: $\tilde{U}(t)$, im diskreten Fall fehlt die Tilde, z. B. $U(n)$. Die Zustandsvariablen des allgemeinen, linearen, kontinuierlichen und zeitvariablen Systems sind in Fig. 7 gezeigt. Das (vektorielle) 25 Eingangssignal $\tilde{x}(t)$ gelangt nach Multiplikationen mit der Matrix \tilde{C} und eines Addierers 7 auf einen Integrator 8, dessen Ausgangssignal $\tilde{s}(t)$ der sogenannte Zustandsvektor ist. Dieses Signal wird nach Multiplikation mit \tilde{U} über den genannten Addierer 7 auf den Integratoreingang zurückgekoppelt. Das Ausgangssignal $\tilde{y}(t)$ entsteht aus der Superposition des mit $\tilde{D}(t)$ gewichteten 30 Eingangssignals und des mit $\tilde{B}(t)$ gewichteten Zustandsvektors in einem Addierer 9:

- 10 -

$$1 \quad \tilde{s}(t) = \tilde{C}(t)\tilde{r}(t) + \frac{1}{T_N} \int_{-\infty}^1 \tilde{A}(\tau)s(\tau)d\tau \quad (14)$$

$$5 \quad \tilde{\eta}(t) = \tilde{D}(t)\tilde{r}(t) + \tilde{B}(t)\tilde{s}(t) \quad (15)$$

Es sei nun angenommen, dass die Zeitfunktion aller Komponenten des Eingangssignals $\tilde{r}(t)$ sowie der Matrizen \tilde{A} , \tilde{B} , \tilde{C} und \tilde{D} einen treppenförmigen Verlauf gemäß der Funktion $\tilde{u}(t)$ in Fig. 8 habe. Diese Funktion springt an den Stellen $t = nT_N$; sie ist zwischen den Sprungstellen konstant.

Als Abtastwerte $u(n) = \tilde{u}(nT_N)$ gelten die rechtsseitigen Grenzwerte der jeweiligen Sprungstellen, wie in Fig. 8 durch kleine Kreise angedeutet.

15 In dieser Betriebsart lässt sich das kontinuierliche System durch ein diskretes Ersatzmodell nach Fig. 9 beschreiben, wobei sich die Koeffizientenmatrizen dieses Systems folgendermaßen berechnen (wenn "1" die Einheitsmatrix ist):

$$20 \quad \tilde{A}(n) = e^{\tilde{A}(nT_N)} \quad (16)$$

$$\tilde{B}(n) = \tilde{B}(nT_N) \quad (17)$$

$$\tilde{C}(n) = \tilde{A}^{-1}(nT_N) e^{\tilde{A}(nT_N) - 1} \tilde{C}(nT_N) \quad (18)$$

$$\tilde{D}(n) = \tilde{D}(nT_N) \quad (19),$$

25 wobei die Exponentialfunktion einer quadratischen Matrix \tilde{A} folgendermaßen definiert ist:

$$30 \quad e^{\tilde{A}} = \sum_{i=0}^{\infty} \frac{\tilde{A}^i}{i!} \quad (20)$$

Bezüglich der Bildung der Abtastwerte an den Sprungstellen gilt das oben Gesagte. Für die diskreten Signale im Ersatzmodell gilt:

$$35 \quad r(n) = \tilde{r}(nT_N) \quad (21)$$

$$s(n) = \tilde{s}(nT_N) \quad (22)$$

$$\eta(n) = \tilde{\eta}(nT_N) \quad (23)$$

- 11 -

1 Die Differentialgleichungen, durch die das Ersatzsystem charakterisiert wird
lauten:

$$s(n+1) = C(n)r(n) + U(n)s(n) \quad (24)$$

$$5 \quad \eta(n) = D(n)r(n) + B(n)s(n) \quad (25)$$

Um den eingangs genannten Voraussetzungen zu genügen, ist das Austaster-Filter - wie in Fig. 6 gezeigt - um einen differenzierenden Eingang mit der Funktion

$$10 \quad T_N \cdot \frac{d}{dt}$$

zu ergänzen. T_N war im Zusammenhang mit der Modellierung des Gyroskoppfads eine beliebige Normierungskonstante. Diese Konstante wird nun auf den Wert der Stufenbreite des Eingangssignals und der zeitvariablen Konstante des kontinuierlichen Modells und damit der Taktzeit des diskreten Modells festgelegt. Physikalisch gesehen ist T_N die Taktzeit mit der das Austaster-Filter 4 betrieben wird; sie ist ein ganzzahliger Bruchteil der Taktzeit T der Modulation am Phasenmodulator des MIOCs:

$$20 \quad T_N = \frac{T}{k} \quad (26)$$

Physikalisch sinnvolle Austaster-Filter haben Tiefpass-Charakter; hierfür gilt

$$25 \quad \tilde{C} = 0 \quad (27)$$

Ergänzt man Fig. 7 unter dieser Voraussetzung noch mit einem differenzierenden Eingang, so erhält man das Diagramm nach Fig. 10. Wie leicht zu erkennen ist, kompensieren sich die Funktionen des Differenzierglieds und des Integrators für die Zustandsvariablen, so dass die Einspeisung des zu differenzierenden Signals auf den Ausgang des Integrators verlegt werden kann, womit das Differenzierglied überflüssig wird; vergleiche Fig. 11.

35 Eine weitere Modifikation ergibt sich durch Verschieben des Einspeisepunkts über die Matrizen \tilde{U} und \tilde{B} mit

- 12 -

1 $\tilde{C}_E(t) = \tilde{A}(t)\tilde{C}(t)$ (28)

5 $\tilde{D}_E(t) = \tilde{B}(t)\tilde{C}(t)$ (29)

Diese zweite Modifikation ist im kontinuierlichen Modell mit differenzierendem Eingang gemäß Fig. 12 veranschaulicht.

Das Signalflussdiagramm hat nun eine Form, auf welche sich die oben angegebenen Regeln zur Umwandlung in eine diskrete Ersatzform anwenden lassen. Mit

10 $A(n) = e^{\tilde{A}(nT_N)}$ (30)

11 $B(n) = \tilde{B}(nT_N)$ (31)

12 $C(n) = \tilde{C}^{-1}(nT_N)(e^{\tilde{A}(nT_N)-1})\tilde{C}(nT_N)$ (32)

13 $C_E(n) = (e^{\tilde{A}(nT_N)-1})\tilde{C}(nT_N)$ (33)

15 $D_E(n) = \tilde{B}(nT_N)\tilde{C}(nT_N)$ (34)

ergibt sich das in Fig. 13 gezeigte Blockdiagramm einer diskreten Modellnachbildung mit differenzierendem Eingang.

20 Fügt man die Modelle der Fig. 6 und 13 zusammen, so erhält man das komplette diskrete Modell des Kreiselpfades einschließlich Austaster-Filter gemäß Fig. 14. Hierbei ist zu beachten, dass Eingangs- und Ausgangssignale des Austaster-Filters skalar sind und daher mit x , x_E und y bezeichnet sind. Die Koeffizientenmatrix \tilde{D}_E geht daher in den skalaren Koeffizienten D_E über. Es sei daher noch erwähnt, dass alle Koeffizientenmatrizen periodische Funktionen sind. Das Austaster-Filter wiederholt seine zeitabhängigen Parameter mit der Periode $T = kT_N$; die Periode der zeitabhängigen Matrizen ist daher k .

30 **3. Beispiele**

Zunächst werde als Austaster-Filter die Struktur nach Fig. 15 verwendet, die aufgrund ihrer Zeitunabhängigkeit eine reine Filterfunktion repräsentiert. Sie wird beschrieben durch folgende Differentialgleichung:

35 $C_T \frac{ds(t)}{dt} = \frac{x(t) - s(t)}{R_1}$ (35)

- 13 -

1

aus deren Integration sich ergibt:

5

$$s(t) = \frac{1}{T_N} \int_{-\infty}^t \frac{T_N}{R_1 C_T} (x(\tau) - s(\tau)) d\tau \quad (36)$$

10

Hieraus wiederum lassen sich sofort die konstanten und wegen der Ordnung "1" des dargestellten Tiefpasses skalaren Koeffizienten des kontinuierlichen Zustandsvariablenmodells ablesen, wobei $T_1 = R_1 C_T$ ist:

$$\tilde{A} = -\frac{T_N}{T_1} \quad (37)$$

$$\tilde{B} = 1 \quad (38)$$

15

$$\tilde{C} = \frac{T_N}{T_1} \quad (39)$$

Mit den Gleichungen (30) bis (34) ergeben sich die diskreten Koeffizienten

20

$$A = e^{-\frac{T_N}{T_1}} \quad (40)$$

$$B = 1 \quad (41)$$

25

$$C = 1 - e^{-\frac{T_N}{T_1}} \quad (42)$$

30

$$CE = \frac{T_N}{T_1} (e^{-\frac{T_N}{T_1}} - 1) \quad (43)$$

$$DE = \frac{T_N}{T_1} \quad (44)$$

35

Fig. 16 zeigt einen Tiefpass mit Entladefunktion. Dieser hat Dank eines eingebauten Schalters 20 zwei Zustände. Im Zustand 1 ist die Funktion identisch zum vorherigen Beispiel der Fig. 15. Im Zustand 2 wird der Kondensator C_T vom Eingang getrennt und über R_2 entladen. Hieraus bestimmt man

- 14 -

1 die folgende Differentialgleichung

$$C_T \frac{ds(t)}{dt} = \frac{-s(t)}{R_2} \quad (45)$$

5 oder integriert:

$$s(t) = \frac{1}{T_N} \int_{-\infty}^t \frac{T_N}{R_2 C_T} (-s(\tau)) d\tau \quad (46)$$

10 Es ergeben sich damit für beide Zustände getrennte Koeffizientensätze, wobei der erste mit demjenigen des vorigen Beispiels (Fig. 15) identisch ist. Der zweite Satz folgt aus Gleichung (46), so dass man schließlich mit $T_2 = R_2 C_T$ erhält:

$$15 \quad A_1 = e^{-\frac{T_N}{T_1}} \quad (47)$$

$$A_2 = e^{-\frac{T_N}{T_2}} \quad (48)$$

$$20 \quad B_1 = 1 \quad (49)$$

$$B_2 = 1 \quad (50)$$

$$C_1 = 1 - e^{-\frac{T_N}{T_1}} \quad (51)$$

$$25 \quad C_2 = 0 \quad (52)$$

$$C_{E1} = \frac{T_N}{T_1} (e^{-\frac{T_N}{T_1}} - 1) \quad (53)$$

$$30 \quad C_{E2} = 0 \quad (54)$$

$$D_{E1} = \frac{T_N}{T_1} \quad (55)$$

$$D_{E2} = 0 \quad (56)$$

35 Aus den gefundenen Koeffizientensätzen ist nun noch eine zeitdiskrete periodische Folge zu konstruieren. Dies wird anhand des Koeffizienten $A(n)$ hier beispielhaft gezeigt:

- 15 -

1 Eine Periode T umfasst k Takte T_N des Filters; im Beispiel sei $k = 8$. Am Anfang einer Periode sei der Tiefpass in Entladestellung:

$$A(1) = A_2 \quad (57)$$

5

Die restlichen 7 Takte sei der Tiefpass in Arbeitsstellung:

$$A(2 \dots 8) = A_1 \quad (58)$$

10 Ansonsten wird die Folge periodisch fortgesetzt:

$$A(i) = A(i+8) \quad (59)$$

15 Entsprechendes gilt analog für die restlichen Koeffizienten. Die Koeffizientensätze werden vor Beginn der Simulation berechnet und entsprechend dem periodischen Ablaufmuster vom diskreten Zustandsmodell verwendet. Das hierdurch bewirkte periodische Umschalten der Koeffizienten lässt sich im konkreten Fall gemäß Fig. 17 durch Schalter 21, 22 darstellen, die periodisch zwischen den Zuständen "1" und "2" wechseln.

20

Gemäß der Erfindung (vgl. Fig. 1) lässt sich damit der aus dem Phasenmodulator innerhalb des MIOC 11, der Faseroptik, dem Detektor 10 und dem Austaster-Filter 4 bestehende Teil eines FOGs für den Fall einer Fehlabstimmung bei synchroner Störsignaleinstreuung durch ein zeitdiskretes systemtheoretisches Modell nachbilden. Die dem Detektor nachgeschaltete Filterfunktion kann beliebiger Ordnung sein und eine beliebige, im Raster des Simulationstaktes stückweise konstante Zeitabhängigkeit haben. Für die synchrone Einstreuung wird dabei ebenfalls und zulässig eine im selben Raster stückweise konstante Funktion vorausgesetzt, die in der Taktzeit der MIOC-Modulation periodisch ist. Für den Fall eines Tiefpasses mit Entladefunktion als Austaster-Filter wurden oben das Signalflussdiagramm und die Koeffizienten explizit dargestellt. Wie sich aus Fig. 17 ersehen lässt, nimmt in diesem Beispiel die Einstreuung folgenden Weg: Sie wird mit der Fehlabstimmung ΔT gewichtet, sodann mit $-\sin\alpha(t)$ moduliert und erzeugt dann neben einem normal gefilterten Anteil zusätzlich einen über den Koeffizienten $D_E 1$ zugeführten Direktanteil am Ausgang des Austaster-Filters 4.

- 16 -

1 Aus der oben dargestellten Systemanalyse und Modelldarstellung lässt sich die Information über die Fehlabstimmung dazu nutzen, einen Regelkreis mit einem spannungssteuerbaren Oszillator VCO 12 (Fig. 1) aufzubauen. Dabei wird, wie oben dargestellt, ein im Abtasttakt periodisches der synchronen

5 Störsignaleinstreuung entsprechendes Signal φ_E in Form einer Zusatzmodulation zum Modulationssignal für den Phasenmodulator im MIOC 11 addiert. Gemäß Fig. 14 bzw. 17 erscheint dieses Signal nun gewichtet mit der normierten Fehlabstimmung $\Delta T/T_N$, gegebenenfalls moduliert mit dem jeweiligen Vorzeichen bei Random-Modulation ($-\sin\alpha$) und multipliziert mit einer

10 von Filtern am Ausgang des Detektors 10 abhängigen Funktion D_E am Ausgang $y(n)$. Falls φ_E eine (ungewollte) synchrone Einstreuung ist, führt die dadurch hervorgerufene Störung von $y(n)$ nach deren Demodulation zu einem Nullpunktfehler. Der FOG 100 wird ansonsten normal betrieben. Außer dem FOG-Demodulator 13 und dem FOG-Hauptregler 14 ist eine Zusatz-Modulationseinrichtung 15 vorhanden. Das Rückstellsignal für den Phasenmodulator im MIOC 11 wird nach Demodulation des Detektorsignals durch den FOG-Hauptregler 14 gewonnen, der gegebenenfalls auch die Random-Modulation (vgl. EP 0 441 998 B1 u. EP 0 551 537 B1) erzeugt. Zusätzlich wird das demodulierte Detektorsignal φ_m aber erfindungsgemäß auch mit der Zusatzmodulation φ_E korreliert, d. h. mit dieser multipliziert und aufsummiert.

15 Dieses aufsummierte, von der Fehlabstimmung abhängige Signal steuert über das Austaster-Filter 4 den VCO 12, der die Arbeitsfrequenz so lange nachstimmt, bis die Korrelation zu Null wird, was bei $\Delta T/T_N = 0$ der Fall ist. Über diesen weiteren Hilfsregelkreis wird also die Fehlabstimmung auf Null

20

25 geregelt.

- 17 -

1

P a t e n t a n s p r ü c h e

1. Verfahren zur Vermeidung von Bias-Fehler aufgrund synchroner
Einstreuung bei faseroptischen Gyroskopen (FOGs) mit geschlossener Regel-
schleife **dadurch gekennzeichnet**, dass

5 - dem demodulierten Ausgangssignal des FOG-Detektors eine zum
Reziprokwert der Arbeitsfrequenz periodische Zusatzmodulation aufgeprägt
wird,

10 - im demodulierten Detektorsignal die vorhandenen Reste der Zusatz-
modulation detektiert und

15 - mit dem detektierten Signal der restlichen Zusatzmodulation ein
Hilfsregelkreis angesteuert wird, der die Arbeitsfrequenz so nachregelt, dass
die Zusatzmodulation innerhalb technisch vorgegebener Grenzen zu Null
wird.

20 2. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass das de-
modulierte Detektorsignal mit dem Signal der Zusatzmodulation korreliert
und mit dem korrelierten Signal der Hilfsregelkreis angesteuert wird, der die
Arbeitsfrequenz so nachregelt, dass die Korrelation innerhalb der vorgegebe-
nen Grenzen zu Null wird.

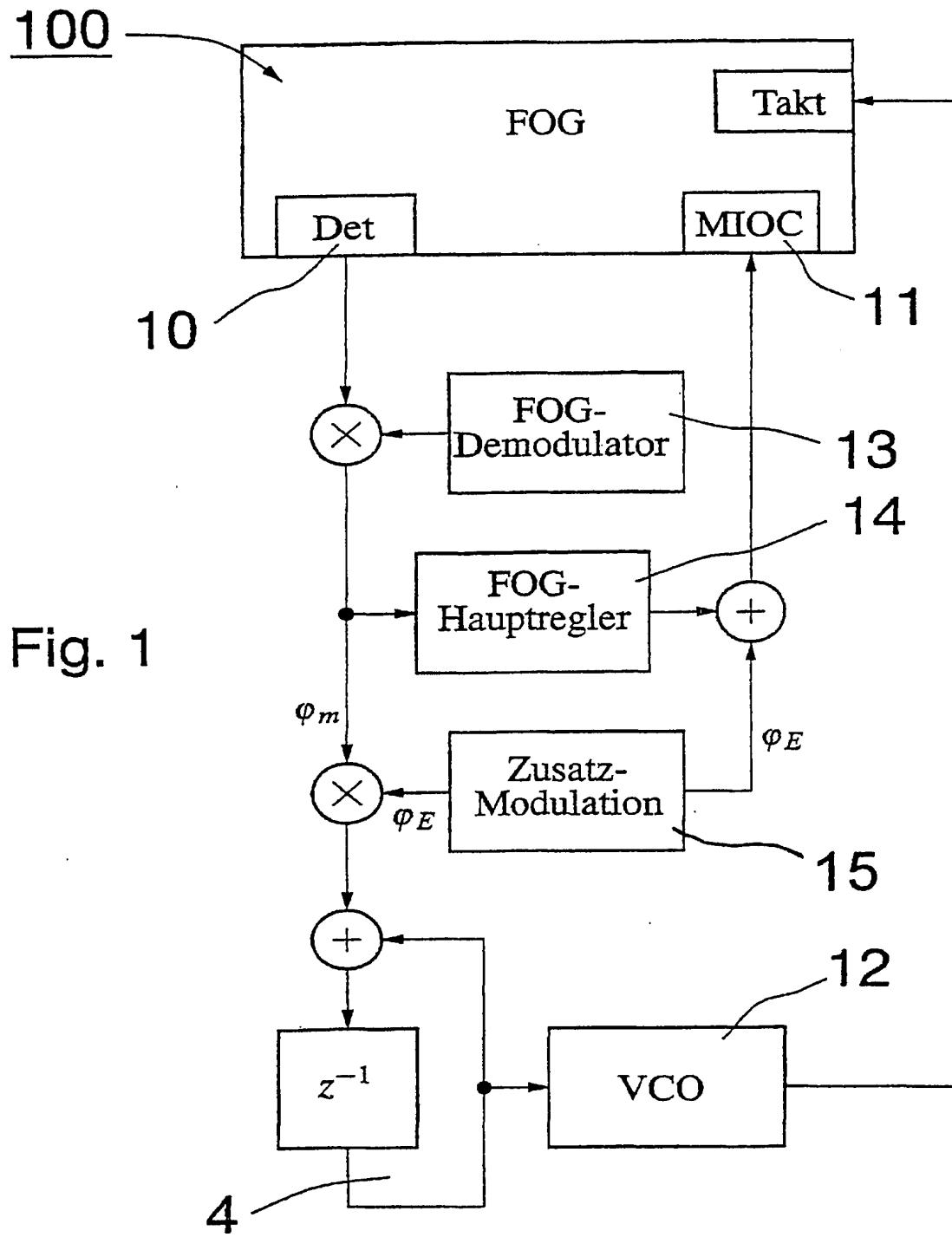
15

25

30

35

1/10



2/10

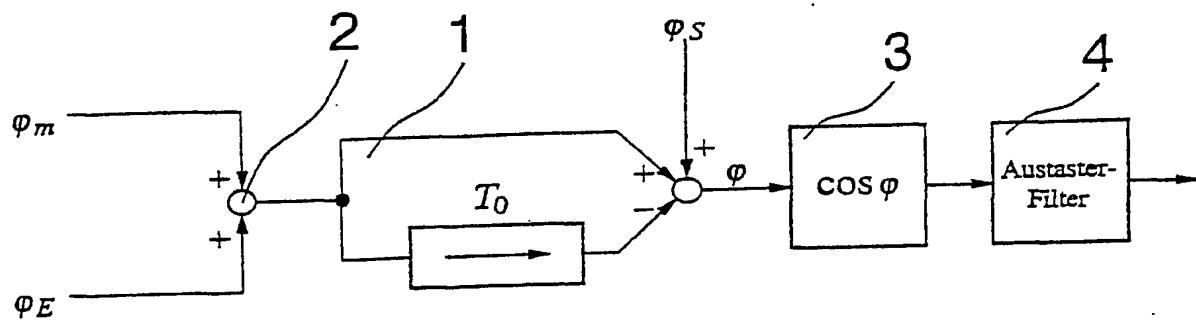


Fig. 2

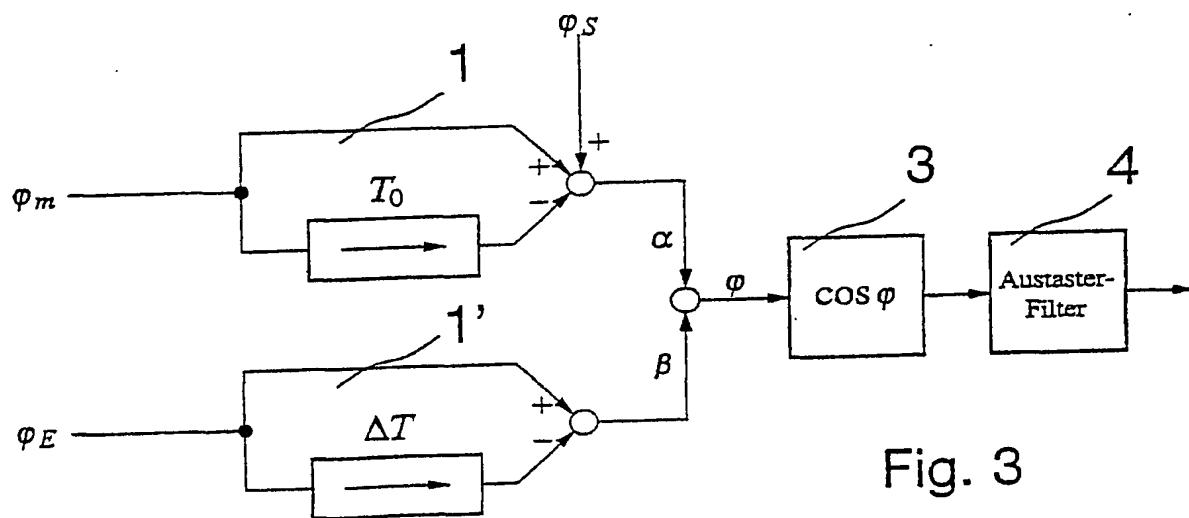


Fig. 3

3/10

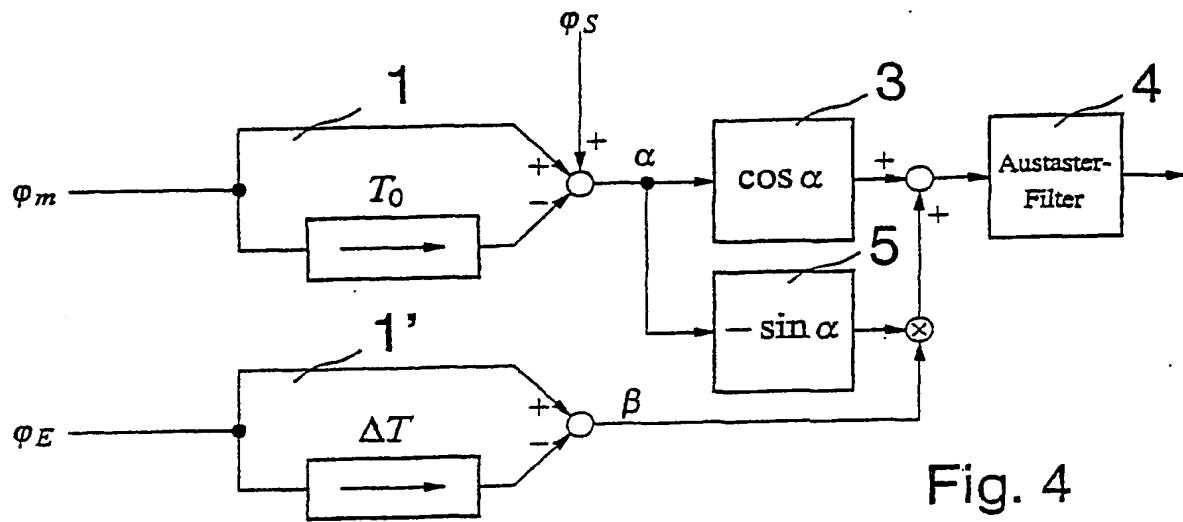


Fig. 4

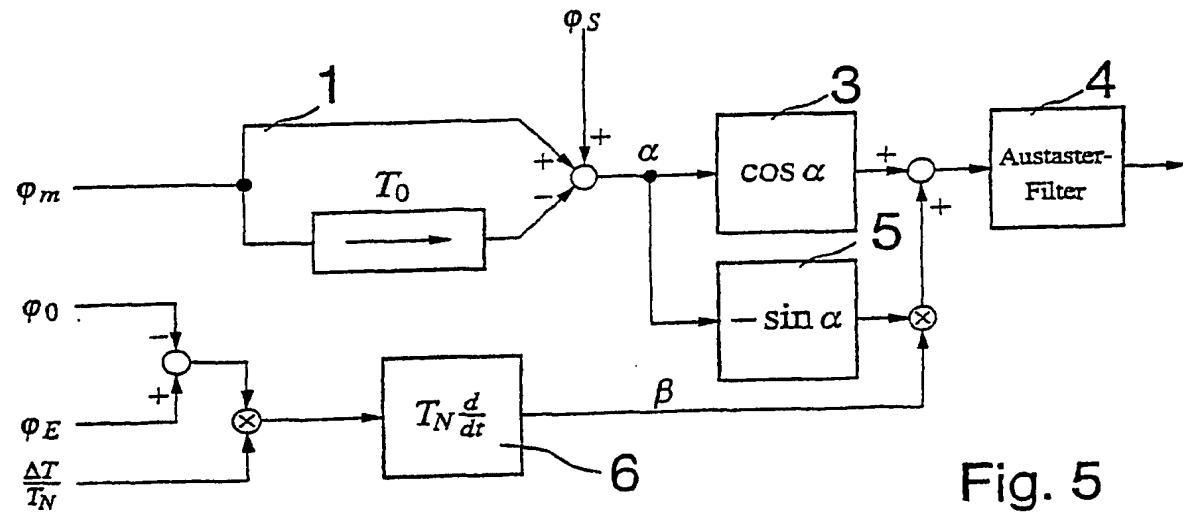


Fig. 5

4/10

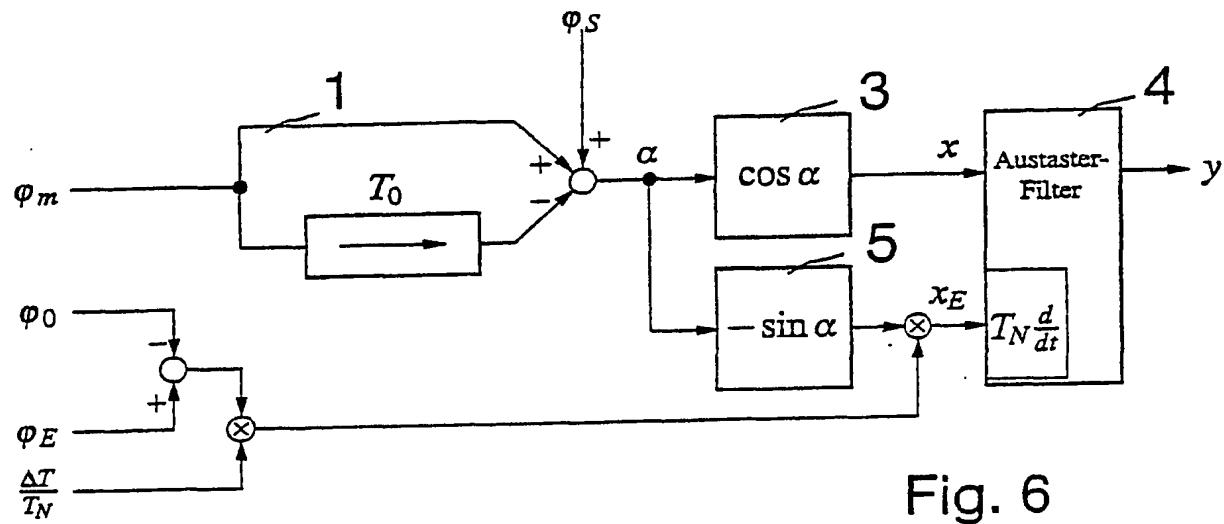


Fig. 6

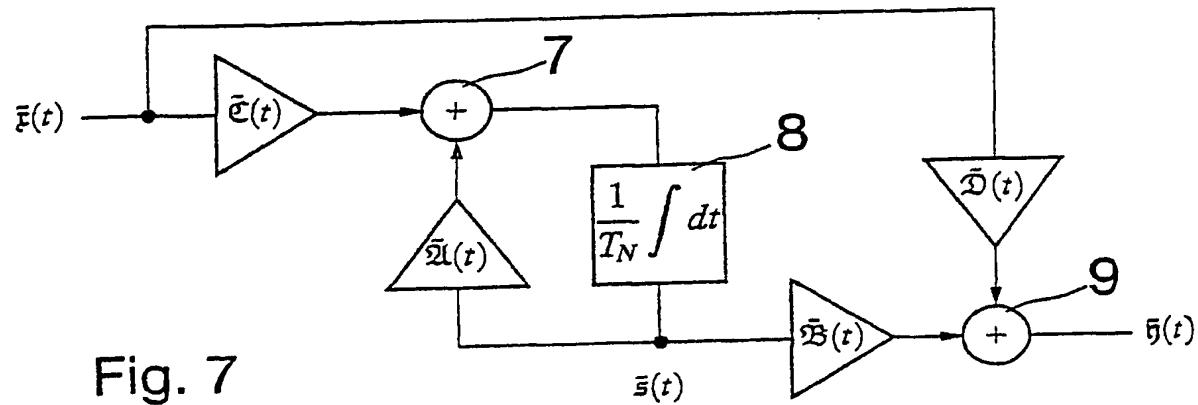


Fig. 7

5/10

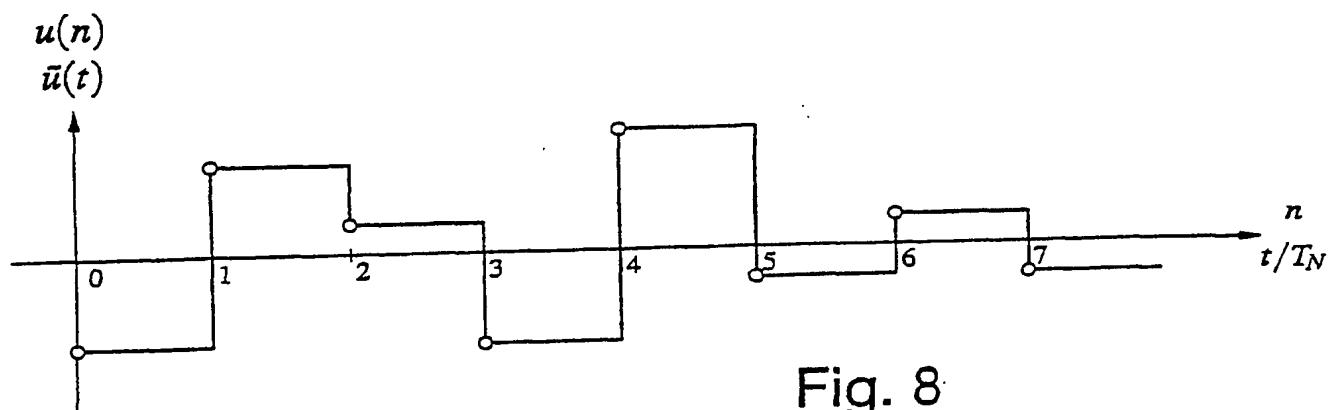


Fig. 8

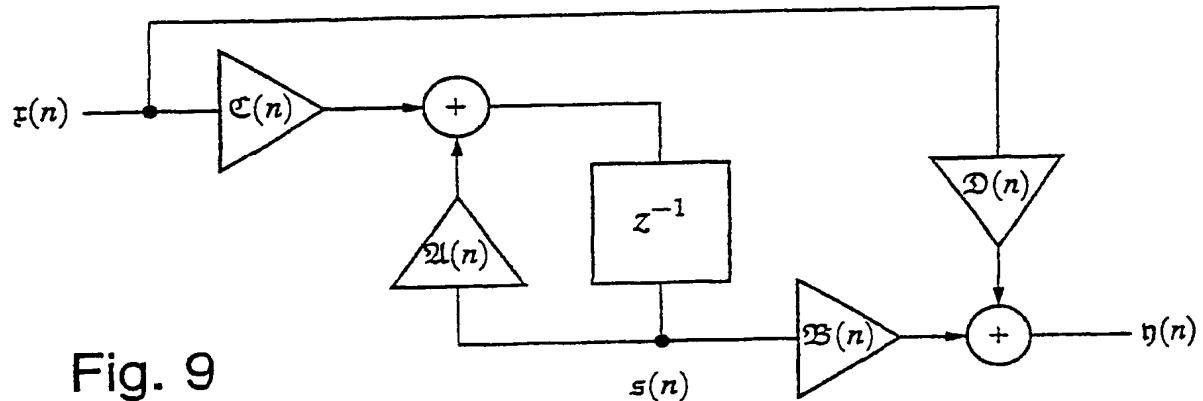


Fig. 9

6/10

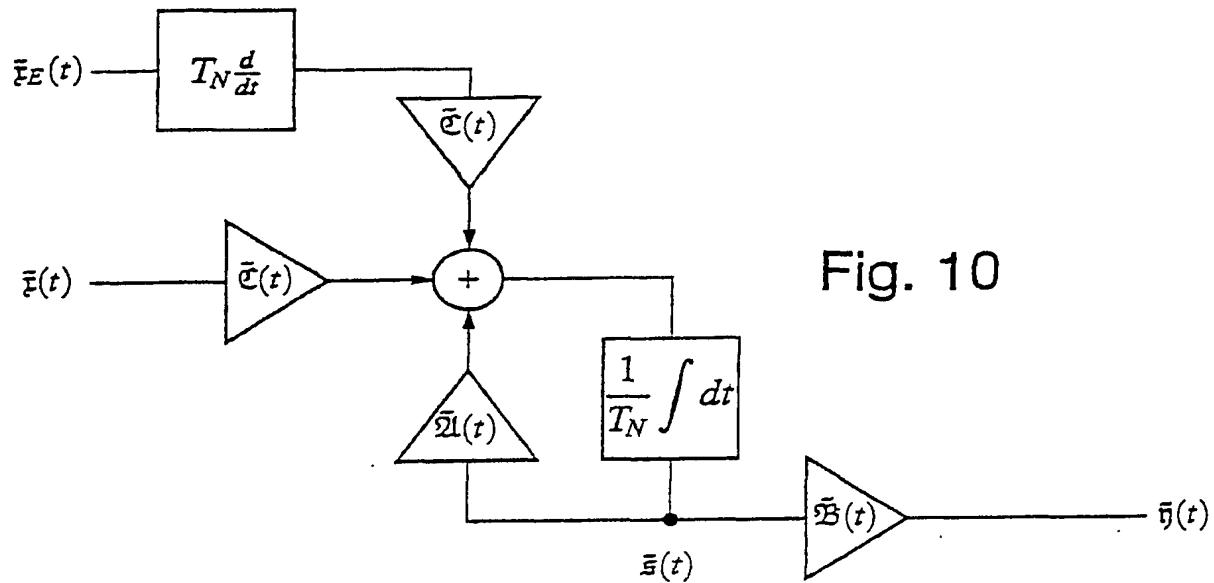


Fig. 10

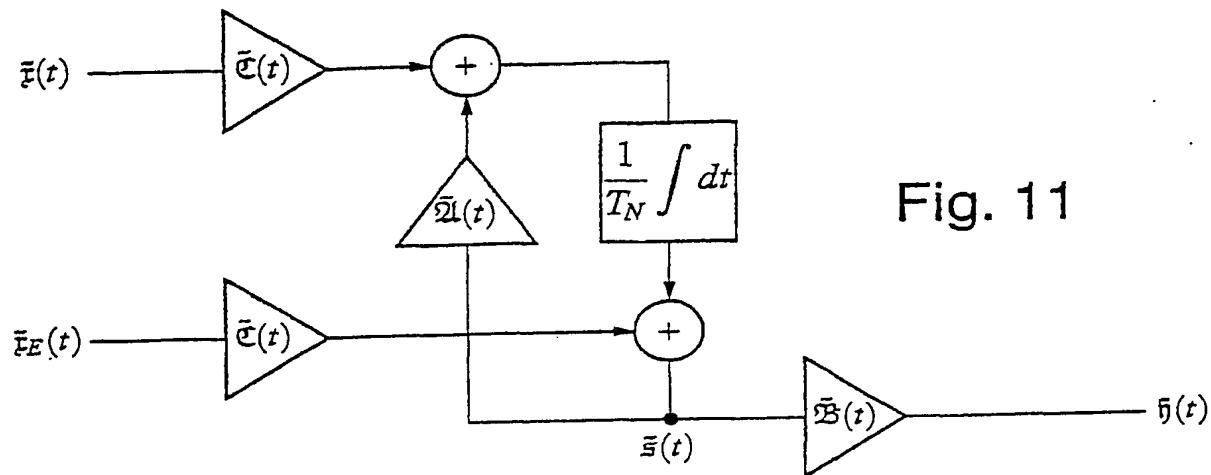


Fig. 11

7/10

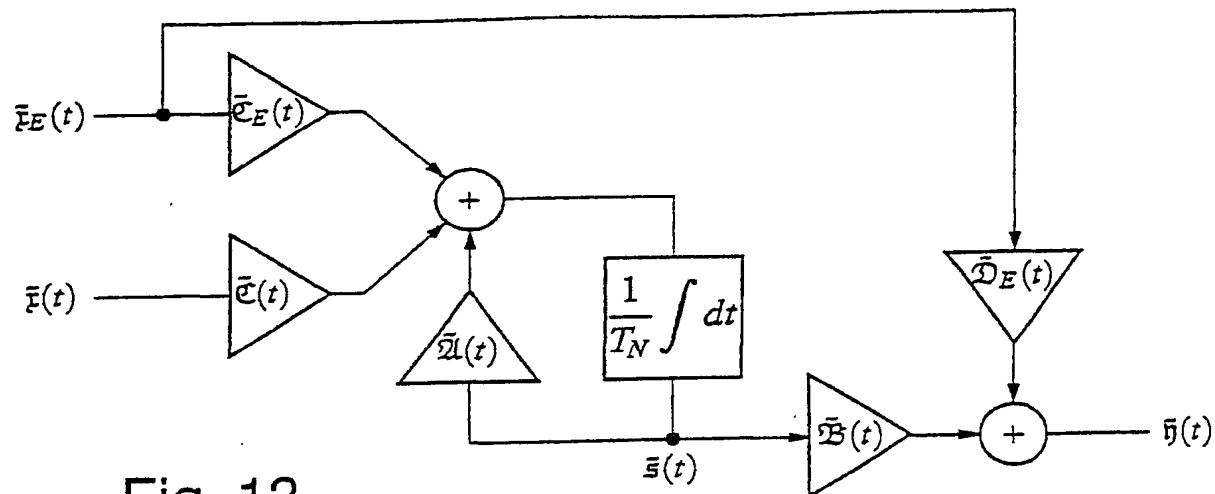


Fig. 12

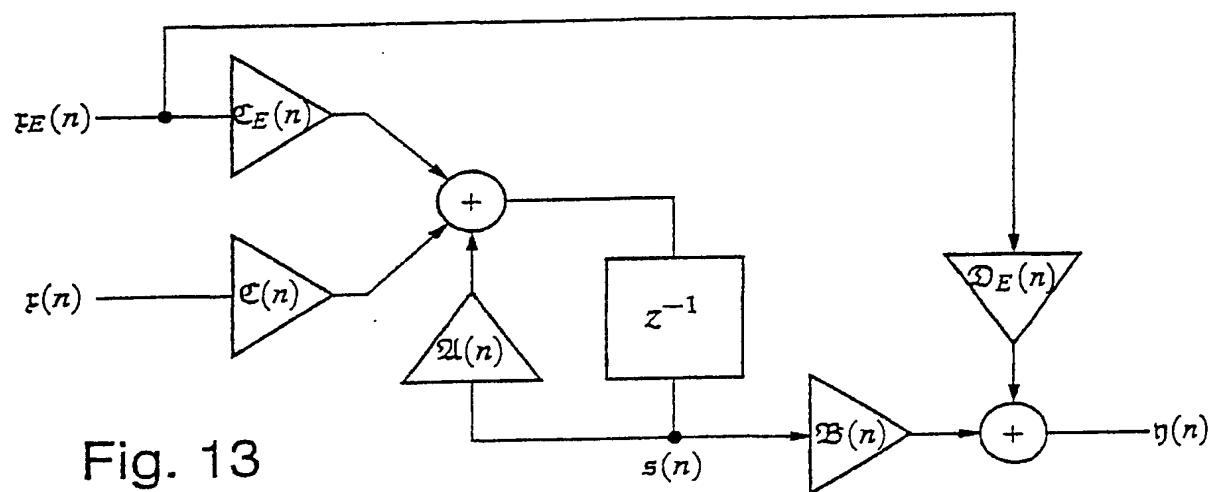


Fig. 13

8/10

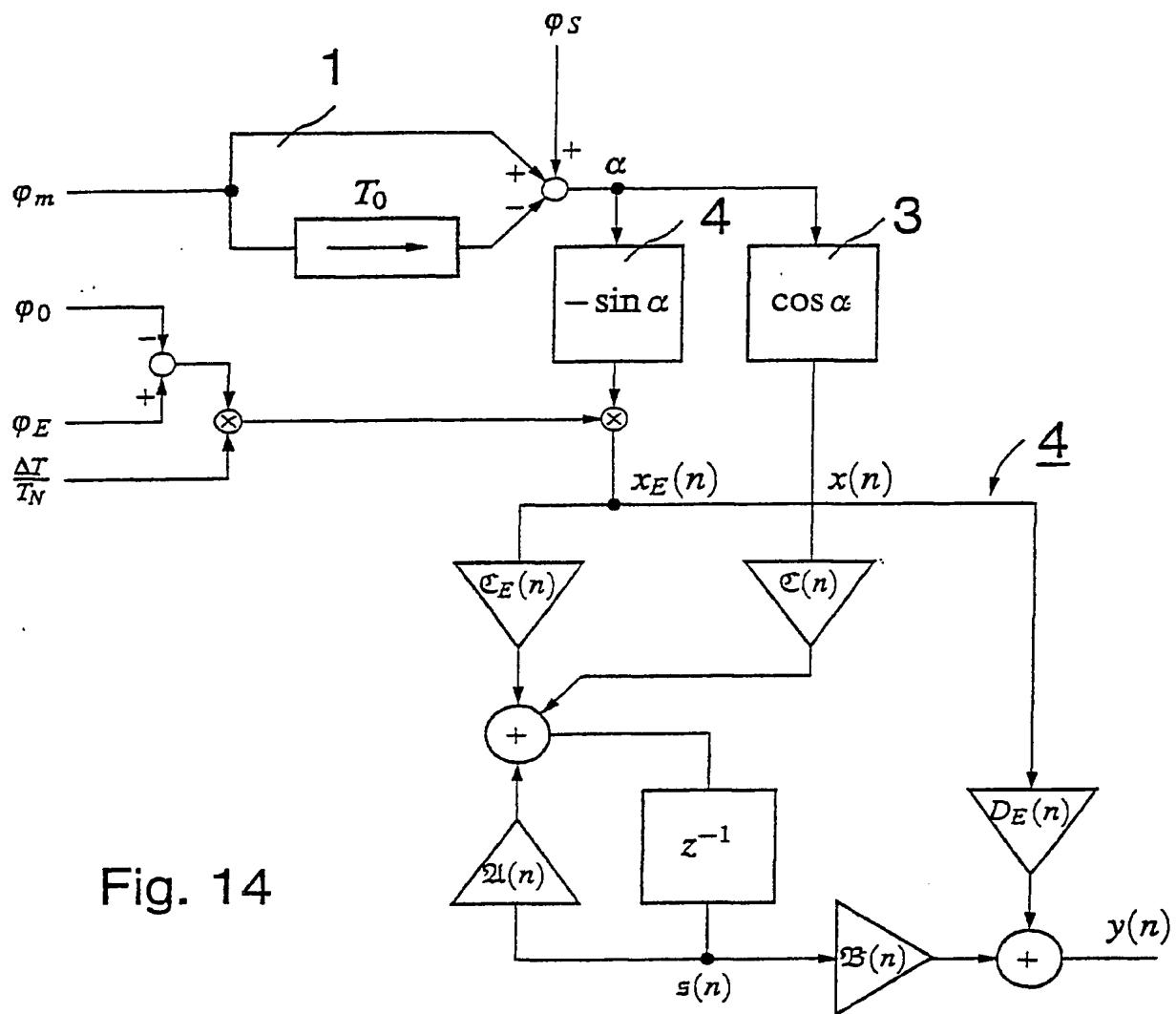


Fig. 14

9/10

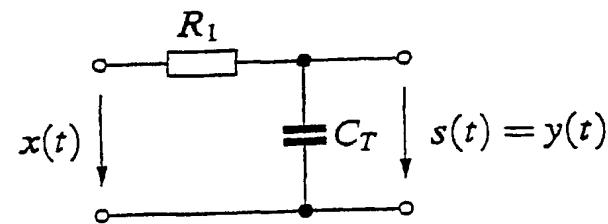


Fig. 15

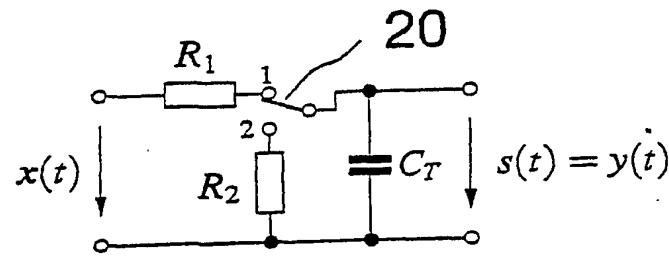


Fig. 16

10/10

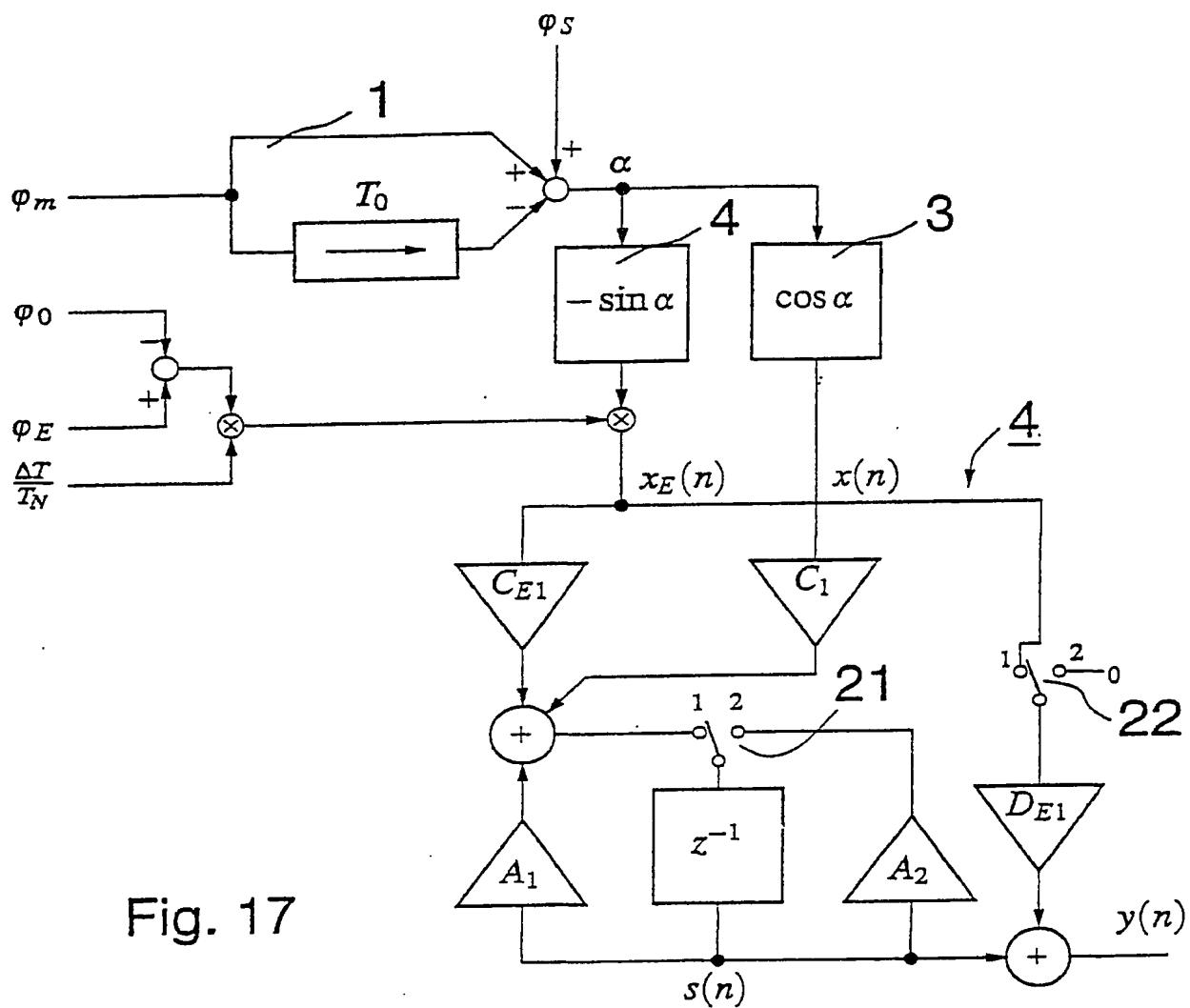


Fig. 17

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No
PCT/EP 02/06860A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
IPC 7 GO1C19/72

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)
IPC 7 GO1C

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used)

WPI Data, PAJ, EPO-Internal

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	US 4 759 629 A (EVEREST FRANK G ET AL) 26 July 1988 (1988-07-26) cited in the application the whole document -----	1
A	DE 197 48 909 C (LITEF GMBH) 22 April 1999 (1999-04-22) cited in the application the whole document -----	1



Further documents are listed in the continuation of box C.



Patent family members are listed in annex.

* Special categories of cited documents:

- *A* document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
- *E* earlier document but published on or after the International filing date
- *L* document which may throw doubts on priority, claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
- *O* document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
- *P* document published prior to the International filing date but later than the priority date claimed

T later document published after the International filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

X document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

Y document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art.

& document member of the same patent family

Date of the actual completion of the International search

Date of mailing of the International search report

16 September 2002

25/09/2002

Name and mailing address of the ISA

European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl.
Fax: (+31-70) 340-3016

Authorized officer

Hoekstra, F

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International Application No

PCT/EP 02/06860

Patent document cited in search report		Publication date		Patent family member(s)		Publication date
US 4759629	A	26-07-1988	DE EP	3772092 D1 0245118 A2		19-09-1991 11-11-1987
DE 19748909	C	22-04-1999	DE DE WO EP	19748909 C1 59801197 D1 9924788 A1 1029221 A1		22-04-1999 13-09-2001 20-05-1999 23-08-2000

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen
PCT/EP 02/06860

A. KLASIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES

IPK 7 GO1C19/72

Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPK) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPK

B. RECHERCHIERTE GEBIETE

Recherchierte Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)
IPK 7 GO1C

Recherchierte aber nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Gebiete fallen

Während der Internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe)

WPI Data, PAJ, EPO-Internal

C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
A	US 4 759 629 A (EVEREST FRANK G ET AL) 26. Juli 1988 (1988-07-26) in der Anmeldung erwähnt das ganze Dokument ----	1
A	DE 197 48 909 C (LITEF GMBH) 22. April 1999 (1999-04-22) in der Anmeldung erwähnt das ganze Dokument ----	1

Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen

Siehe Anhang Patentfamilie

- * Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen :
- *A* Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist
- *E* älteres Dokument, das jedoch erst am oder nach dem Internationalen Anmelde datum veröffentlicht worden ist
- *L* Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifeifhaft erschließen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt)
- *O* Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht
- *P* Veröffentlichung, die vor dem Internationalen Anmelde datum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist

- *T* Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmelde datum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist
- *X* Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden
- *Y* Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren anderen Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist
- *&* Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist

Datum des Abschlusses der Internationalen Recherche	Absendedatum des Internationalen Recherchenberichts
16. September 2002	25/09/2002
Name und Postanschrift der Internationalen Recherchenbehörde Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2 NL - 2280 HV Rijswijk Tel: (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl, Fax: (+31-70) 340-3016	Bevollmächtigter Bediensteter Hoekstra, F

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP 02/06860

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument		Datum der Veröffentlichung		Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
US 4759629	A	26-07-1988	DE EP	3772092 D1 0245118 A2	19-09-1991 11-11-1987
DE 19748909	C	22-04-1999	DE DE WO EP	19748909 C1 59801197 D1 9924788 A1 1029221 A1	22-04-1999 13-09-2001 20-05-1999 23-08-2000